

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2014

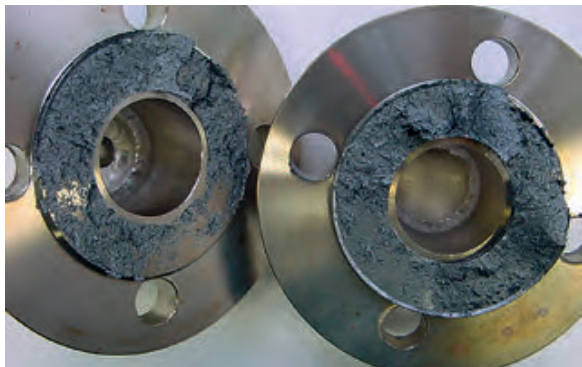
ISGATEC® 

Die Dichtflächenbeschaffenheit beeinflusst die Leakage-Performance

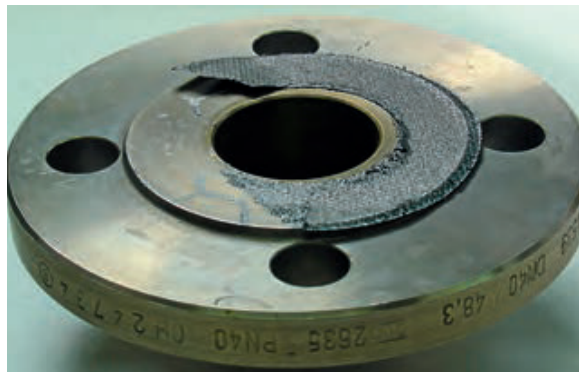
Zur stetigen Verbesserung der Qualität, Senkung der diffusen Emissionen und der damit einhergehenden Optimierung der Dichtverbindung wird ein hoher Aufwand betrieben. Seitens der Dichtungshersteller werden in z.T. wochenlangere Arbeit Dichtungskennwerte ermittelt, die für Berechnungen nach neuesten Normen erforderlich sind. Seitens der Betreiber wird immer mehr Aufwand in die Qualifizierung des Montagepersonals investiert, um die Fehlerquellen durch den „Faktor Mensch“ zu minimieren. Die vorliegende Untersuchung liefert einen detaillierten Einblick auf die Auswirkungen von nicht ordnungsgemäß gereinigten Dichtflächen auf die Performance im Flansch. Soviel sei vorweggenommen: Ohne sorgfältige Entfernung alter Dichtungsreste spiegeln die im Labor ermittelten Dichtungskennwerte nicht mehr die Realität wider – es stellen sich z.T. deutlich höhere Leckageraten ein.

Wie bei vielen technischen Gegenständen ist die Geschichte der Flachdichtung jung und bewegt. Aufgekommen mit der Industrialisierung durch die Dampfmaschine begann ein mühevoller Leidensweg mit der Haut von Tieren – Leder. Mit steigenden Temperaturen verkürzte sich die Standzeit der Dichtungen stetig. Ein revolutionärer Sprung gelang mit der Einführung der Asbestdichtung. Plötzlich waren vernünftige, den Wartungsintervallen der Dampfaggregate angemessene Standzeiten möglich. Nach rund 80 bis 90 Jahren kam es zu einer neuerlichen Revolution: Asbest wurde als Werkstoff in weiten Teilen Europas verboten. Nach einigen z.T. schmerzlichen Lernprozessen in der asbestfreien Dichtungswelt hat man jedoch schnell begriffen, dass ohne Asbest als Hauptwirkstoff die Herstellung von wesentlich leistungsfähigeren Dichtwerkstoffen hinsichtlich der Leakage möglich geworden ist.

Nicht zuletzt durch eine immer mehr in den Fokus rückende Nachhaltigkeit im Sinne von Emissionsreduzierung, wurden Leckagen von Dichtverbindungen mehr und mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Ebenso wurde vermehrt der materielle Verlust eines Mediums wahrgenommen. Durch Regelwerke wie die TA Luft [1] und die inhaltlich damit verbundenen VDI-Richtlinien 2240 [2], 2200 [3] und neuerdings auch 2290 [4] ist ein neuer Standard in der Dichtungstechnik gesetzt



>>1: Graphitfolie (99% Reinheit), mit 30 MPa Flächenpressung zwischen zwei Edelstahlflanschen verbaut, 48 Stunden bei 300 °C ausgelagert und anschließend wieder demontiert



>>2: Reste einer mit Edelstahleinlage verstärkten Graphitdichtung, wie sie üblicherweise eingesetzt wird

worden. Vereinfacht ausgedrückt: Dichtungen müssen einen gewissen Mindeststandard erfüllen und die unvermeidlichen Dichtverbindungen sind durch einen rechnerischen Dichtheitsnachweis in der Lage, eine Dichtheitsklasse $L_{0,01}$ im Betrieb einzuhalten. Für diesen rechnerischen Nachweis ist ein umfangreicher Satz dichtungstechnischer Kennwerte für den jeweiligen Dichtungstyp gemäß DIN EN 13555 [5] anzufertigen. Über diese Thematik ist bereits viel geschrieben und z.T. kontrovers diskutiert worden.

Der Faktor „Mensch“

Bei Berechnungen von Dichtverbindungen geht man grundsätzlich von ordnungsgemäß positionierten Dichtflächen aus, d.h. Form- und Lagetoleranzen bewegen sich auf einem Niveau, das eine einwandfreie Montage ermöglicht. In der Praxis erhält man durch den rechnerischen Dichtheitsnachweis üblicherweise Anziehdrehmomente für die korrekte Montage der Dichtverbindung. Die möglichen Streuungen durch das Anziehverfahren sind in der Berechnung bereits berücksichtigt. Naturgemäß ist der „Faktor Mensch“ mathematisch jedoch nicht kalkulierbar. Es können sich u.a. folgende Fehler einstellen:

- Falsche oder fehlende Schraubenbehandlung (Schmierung)
- Schraubenmontage mit einem zu geringen oder zu hohen Anziehdrehmoment
- Anziehen der Schrauben in der falschen Reihenfolge
- Aufbringen des Anziehdrehmomentes in zu wenigen Schritten (insbesondere bei anpassungsfähigen Graphitdichtungen kann sich das zu starke Anziehen der ersten Schraube extrem nachteilig auswirken)
- Unsachgemäße bzw. ungenügende Entfernung der Dichtungsreste von den Dichtflächen

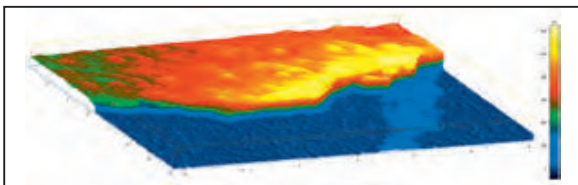
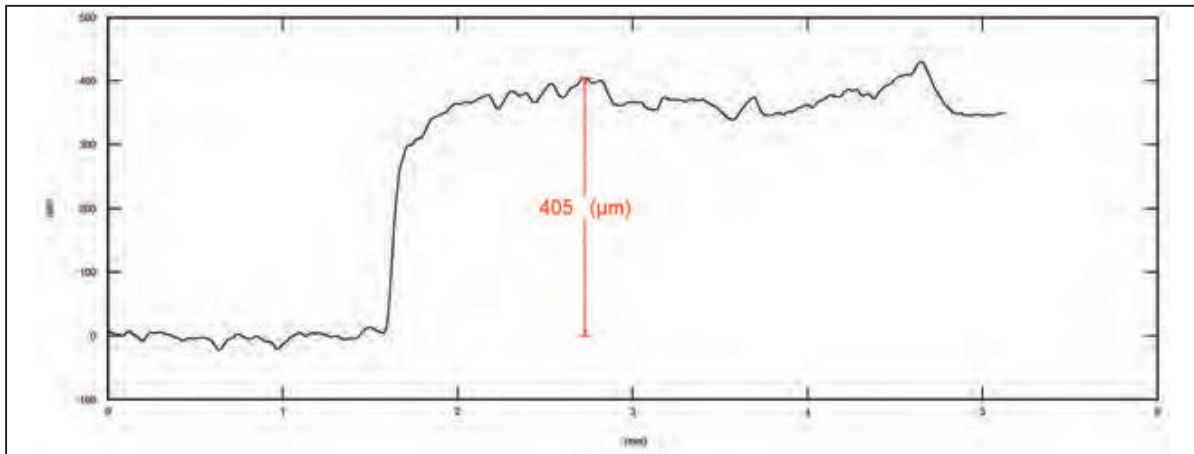
Problemstellung „Flanschreinigung“

Während z.B. das Anziehen der Schrauben „über Kreuz“ und in mehreren Schritten unbestreitbar zu einer korrekten Dichtungsmontage dazugehört, gibt es beim Reinigen der Flansche erfahrungsgemäß keine allgemeingültige Vorgehensweise. Nachfolgend sollen die Auswirkungen einer nur teilweisen oder nicht erfolgten Flanschreinigung untersucht werden. Beim Reinigen der Flansche gibt es nur einen schmalen Grat, der einen dauerhaft sicheren Betrieb einer Dichtverbindung zulässt. Genau dann, wenn durch die Flanschreinigung die Reste der alten Dichtung komplett entfernt, jedoch der Dichtfläche keinerlei Beschädigungen zugefügt worden sind, ist der optimale Zustand erreicht. In der Praxis ist dies allerdings sehr unwahrscheinlich. Viel häufiger findet man entweder mehr oder weniger stark beschädigte Flansche oder Dichtungsreste auf der Dichtfläche.

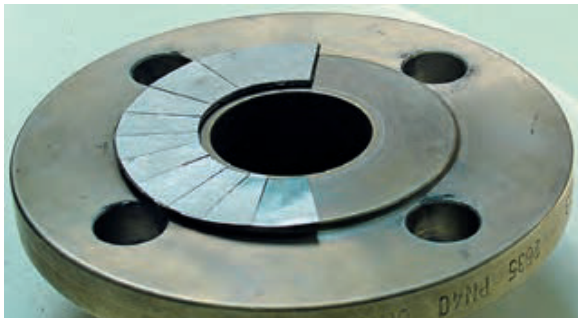
Graphit haftet immer am Flansch

Graphit hat sich als Dichtungswerkstoff weltweit durchgesetzt. Die universelle chemische Eignung und das unkomplizierte Temperaturverhalten hochwertiger Graphitprodukte hat diese Erfolgsgeschichte möglich gemacht. Wo Licht ist, gibt es auch Schatten. Graphit hat durchaus auch Schwachpunkte. In diesem Zusammenhang sei das unvermeidliche Anhaften des Graphits an den Dichtflächen genannt. Eine aufwändige Reinigung der Flanschflächen ist praktisch immer erforderlich – mit allen oben beschriebenen Problemstellungen. >>1 und >>2 zeigen typische Erscheinungsbilder beim Ausbau von Graphitdichtungen. Die Verteilung der Graphitreste ist vollkommen zufällig. Auf beiden Bildern kann man jedoch gut erkennen, dass Bereiche mit Anhaftungen großer Dicke direkt neben Bereichen ohne Anhaftungen liegen können. Die nachfolgenden topographischen Aufnahmen >>3 und >>4 zeigen beispielhaft den Dickenverlauf der Graphitreste einer demontierten Flanschkälfte.

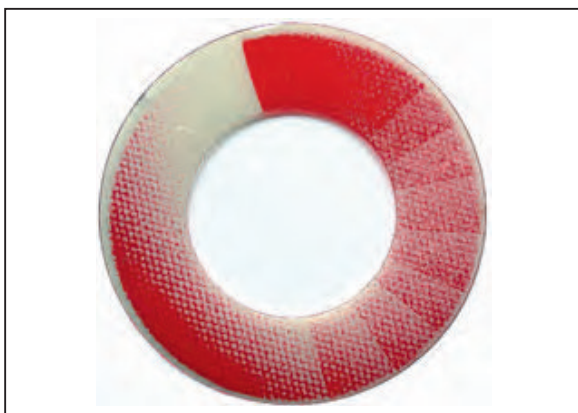
Die Größe der Dickensprünge hängt selbstverständlich von der vorher verwendeten Dichtungsdicke ab. In der nachfolgenden Betrachtung gehen wir von einer marktüblichen Graphitrohddichte von 1 g/cm^3 aus. Bei einer 2 mm dicken Dichtung mit einer Verstärkungseinlage beträgt die unverpresste Graphitschichtdicke 1,0 mm pro Seite. Im ausgebauten – also verpressten – Zustand stellt sich bei üblichen Flächenpressungen eine Dicke der Graphitschicht von ca. 0,6 mm ein. Im ungünstigsten Fall kann es also zu Dickensprüngen von ca. 0,6 mm kommen, wie in der Topographie auf >>4 ermittelt worden ist. Bei 3 mm Dichtungsdicke können die verpressten Graphitreste entsprechend dicker ausfallen. In der Praxis



>>3 und 4: Topografische Aufnahme des Dickenvergleiches



>>5: Simulation der nicht ordnungsgemäß gereinigten Dichtflächen



>>6: Verteilung der Pressung mittels Filmmessung bei 30 MPa installierter durchschnittlicher Flächenpressung

kann sich die verbleibende Restschichtdicke noch verdoppeln, weil grundsätzlich beide Dichtflächen betroffen sind.

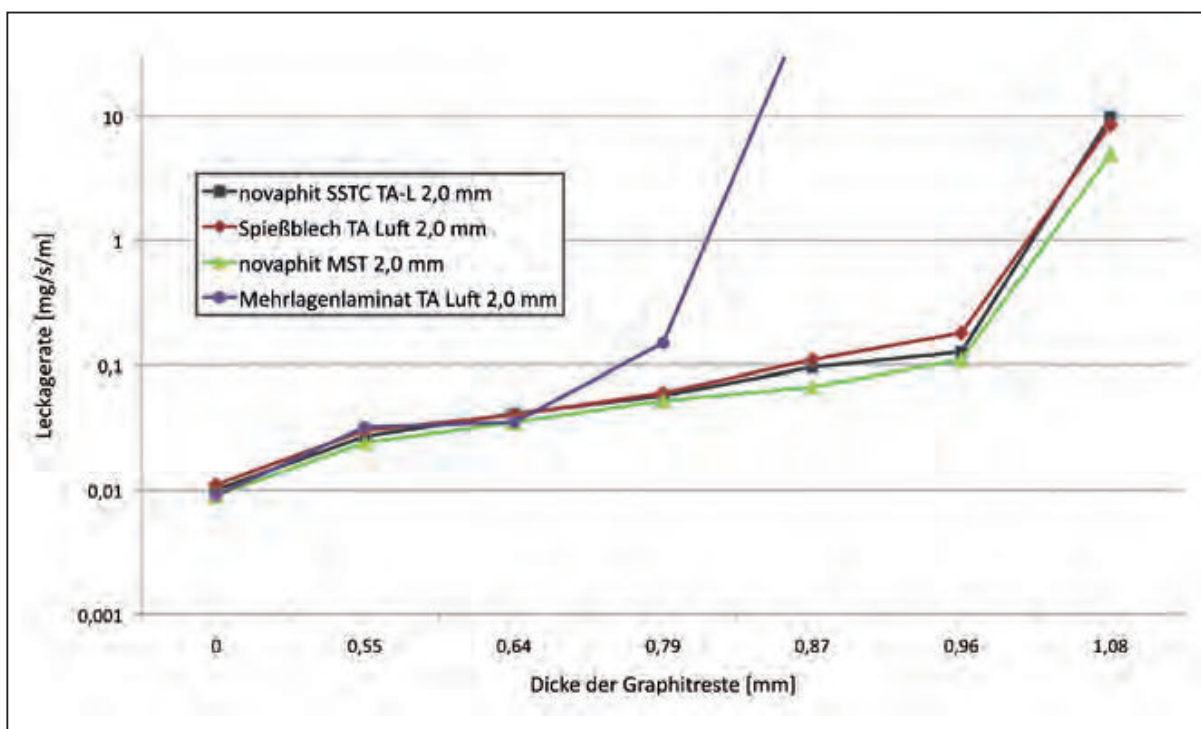
Leckagemessungen an nicht gereinigten Flanschen

Zur Untersuchung des Einflusses der nicht ordnungsgemäß gereinigten Dichtflächen auf die Dichtheit wurden verschiedene Graphitdichtungstypen betrachtet. Um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden die Verunreinigungen durch vorverpresste Graphitstapel verschiedener Dicken simuliert. Einzellagen aus 0,25 mm dickem Graphit der Dichte 1,0 g/cm³ wurden verpresst und versetzt gestapelt >>5. Es wurden Muster zur Graphitrestsimulation folgender Dicken verwendet: 0,55 mm, 0,64 mm, 0,79 mm, 0,88 mm, 0,96 mm und 1,08 mm. Dabei wurde einerseits ein

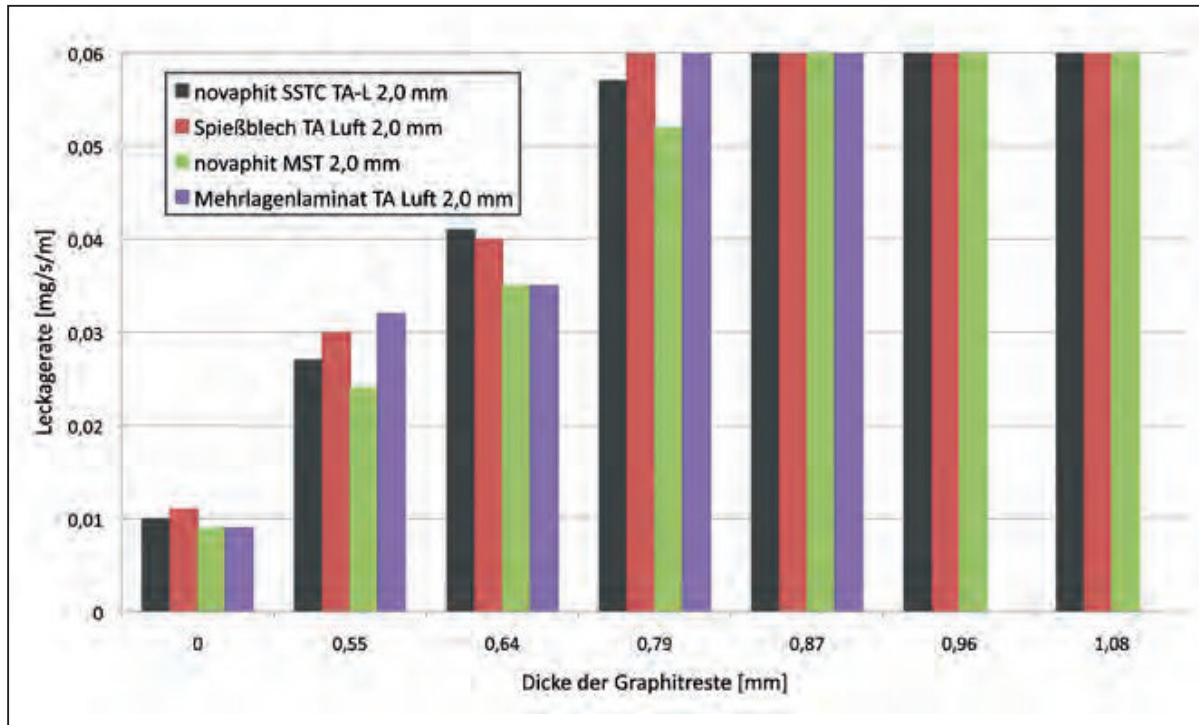
stufenweiser Anstieg der Schichtdicke, andererseits ein in der Praxis vorkommender Komplettabriss des Graphits simuliert. Die Muster wurden einseitig auf die zu testende Dichtung aufgelegt. >>6 zeigt die Verteilung der Pressung mittels Film-Messung mit der Empfindlichkeit medium bei 30 MPa installierter durchschnittlicher Flächenpressung. >>7 zeigt die Ergebnisse der Leckagemessungen, die an Flanschen DN40 PN40 mit einer Dichtflächenrauheit von $Rz = 6,3 \mu\text{m}$ und einer Einbaufächenpressung von 30 MPa durchgeführt worden sind. In >>8 wird insbesondere der Unterschied zwischen einem sauberen Flansch und einer nur relativ geringen Graphitrestdicke deutlich. Die Leakage verdreifacht sich im Schnitt – bezogen auf die Ausgangsmessung bei einer Schichtdicke von nur 0,55 mm.

Der Ausweg aus dem Dilemma

Wie vermeidet man den drastischen Anstieg der Leakage? Die Schlussfolgerung aus den Untersuchungen ist eindeutig: Eine sorgfältige Flanschreinigung ist unerlässlich, wenn man das berechnete Niveau der Dichtheit einhalten möchte. Eine weitere Möglichkeit wäre die Verwendung von Antihafbeschichtungen. Die herkömmlichen Antihafbeschichtungen basieren auf organischen Bestandteilen, die in Sachen Temperatur- und Medienbeständigkeit weit hinter den Eigenschaften des Graphits liegen. Erfahrungsgemäß sorgen diese organischen



>>7: Leakage 40 bar Stickstoff DN40 PN40 30 MPa



>>8: Unterschied zwischen einem sauberen Flansch und einer nur relativ geringen Graphitrestdicke

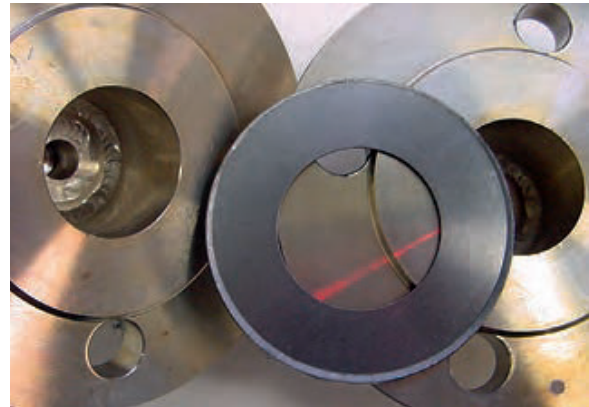
Antihafbeschichtungen für eine deutliche Verschlechterung der Leckage. Sie schwächen daher die Gesamtkonstruktion der Dichtung systematisch.

Eine Option ist die XP-Technologie für novaphit, die letztes Jahr zur Serienreife gebracht wurde. Diese Technologie ist eine neuartige Veredelung des Graphits. Sie kommt ohne jede Organik aus und ist im gesamten Temperaturspektrum einer Graphitdichtung einsetzbar. Sie wurde bereits mit verschiedensten Medien, wie Abgas, Dampf und Lösemitteln in verschiedenen Temperaturbereichen bis zu 550 °C über mehrere Monate getestet. Die Wirksamkeit ist stets vollständig gegeben. Diese Technologie kann optional auf die Dichtungsprodukte der novaphit-Linie angewandt werden. Sie wirkt sich in zweierlei Richtungen aus. Zum einen erhöht sich die Oxidationsbeständigkeit des Graphits, was sich positiv auf die Langzeitperformance in Anwendungen bei höheren Temperaturen auswirkt. Zum anderen verhilft die Technologie der Dichtung zu einer nachhaltig wirksamen Antihaf-Eigenschaft. >>9 zeigt den Paralleltest zu >>1. Hier wurde die Graphitfolie mit XP-Technologie behandelt. Nach dem Lösen der Schrauben konnte das Flanschpaar ohne großen Kraftaufwand getrennt und die Graphitdichtung rückstandsfrei entfernt werden. Der i.d.R. absolut rückstandsfreie Ausbau der Graphitdichtung sorgt nicht nur für eine perfekte Ausgangslage für die neue Dichtungsmontage und somit zur Einhaltung der berechneten Werte.

Darüber hinaus muss keine Beschädigung der Flansche durch den Reinigungsprozess mehr befürchtet werden. Dies steigert weiterhin die Prozesssicherheit der Anlage. Ebenso ist das hohe Zeiteinsparpotenzial ein weiterer signifikanter Vorteil.

Fazit

Die neue XP-Technologie für novaphit macht Schluss mit der unvermeidlichen und aufwändigen Flanschreinigung bei Wartungsarbeiten mit Graphitdichtungen. Die Zeit für das Reinigen entfällt ebenso wie die unausweichliche Beschädigung der Dichtflächen. Die neue Dichtverbindung kann in der Praxis das halten, was die theoretische Berechnung z.B. nach DIN EN 1591-1 [6] ergeben hat. Diffuse Emissionen bleiben auf denkbar kleinem Niveau – ein Beitrag zur Nachhaltigkeit der Dichtverbindungen einer jeden Produktionsanlage.



>>9: Mit der XP-Technologie behandelte Graphitfolie (Bilder: Frenzelit Werke GmbH)

Literatur

[1] Technische Anleitung zur Reinerhaltung der Luft (TA Luft); 24. Juli 2002; Inkrafttreten: 1. Oktober 2002

[2] VDI 2240 Emissionsminderungen Mineralölindustrie (11-2000)

[3] VDI 2200 Dichte Flanschverbindungen – Auswahl, Auslegung, Gestaltung und Montage von verschraubten Flanschverbindungen Emissionsminderungen Mineralölindustrie (07-2007)

[4] VDI 2290 Emissionsminderung – Kennwerte für dichte Flanschverbindungen (06-2012)

[5] DIN EN 13555 Flansche und ihre Verbindungen – Dichtungskennwerte und Prüfverfahren für die Anwendung der Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtungen (02-2005)

[6] DIN EN 1591-1 Flansche und Flanschverbindungen - Regeln für die Auslegung von Flanschverbindungen mit runden Flanschen und Dichtung – Teil 1: Berechnungsmethode (08-2011)